

ТЕРМООБРАБОТКА СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ АРМАТУРЫ В КОМБИНИРОВАННЫХ СЫПУЧИХ СРЕДАХ

Паршикова В.А.

Руководитель – проф., д.т.н. Алимов В.И.

ДонНТУ, г. Донецк

parschikova_lera@mail.ru

В работе рассмотрены результаты исследований, позволяющих судить об охлаждающей способности различных сыпучих сред, а также целесообразности применения этих сред для бейнитирования среднеуглеродистой проволоки для арматуры с целью расширения технологических возможностей её производства.

Проволока для предварительно напряженных железобетонных конструкций должна сочетать в себе не только высокую прочность, удовлетворительную пластичность и динамическую вязкость, но и удовлетворительную свариваемость, которая является одной из основных потребительских характеристик арматурных стержней. Однако достижение такого сочетания является компромиссной задачей, так как обеспечение высоких прочностных свойств в проволоке достигается путем применения высокоуглеродистых сталей и ведет к неременному ухудшению свариваемости. Применение для арматурной проволоки низкоуглеродистых сталей также не дает желаемых результатов, так как обладая хорошей свариваемостью, проволока не имеет высоких показателей прочности. Поэтому весьма актуальным является поиск новых методов производства и обработки арматурной проволоки из среднеуглеродистых сталей, которые могли бы обеспечить хорошее сочетание всех необходимых свойств. Применение для арматурной проволоки стали с содержанием углерода 0,35-0,60% с последующей обработкой на структуру нижнего бейнита позволяет повысить свариваемость и снизить склонность стали к хрупкому разрушению[1, 4].

Бейнитирование выполняют обычно путем аустенитизации выше точки A_{c3} и последующего распада аустенита в расплавах солей при температурах 325-450°C. Замена расплавов солей при бейнитировании может послужить также эффективным средством повышения экологичности и безопасности производства.

В данной работе исследовали сыпучие среды для бейнитирования арматурной проволоки из среднеуглеродистых сталей.

Материалом для исследования служили образцы катанки из стали 35 диам. 5 мм и длиной 20 мм. В качестве охлаждающих сред использовали дробь из стали, близкой к эвтектоидной, диам. 2,6 мм, смесь дроби с порошкообразным серебристым графитом, а также воздух. Образцы

помещали в печь МП-2УМ и нагревали до температуры $940 \pm 10^\circ\text{C}$; общее время нагрева и выдержки составляло 30 мин. Затем образцы вынимали из печи и помещали в емкость с охлаждающей средой (при использовании дробы и смеси дробы с графитом) или оставляли на воздухе в течении 7-35 с с последующим охлаждением образцов в воде.

На полученных образцах изготавливали шлифы для изучения структуры и измерения микротвердости полученных структур. Измерение микротвердости проводили на расстоянии 0,5, 1,5 и 3,0 мм от края образца.

Изучение структуры образцов, охлажденных в различных средах, показало, что при использовании дробы распад аустенита начинается при 15 с с выделением феррита по границам зерен и образованием небольшого количества продуктов распада и заканчивается при 25 с. При использовании в качестве охлаждающей среды смеси дробы с графитом распад начитается уже при 7 с с образованием продуктов распада и полностью заканчивается при 15 с. При охлаждении на воздухе распад начинается на 11 с в виде выделения избыточного феррита. При 25 с появляются продукты распада и остается часть нераспавшегося аустенита. При 35 с структура полностью состоит из продуктов распада и широкой сетки феррита по границам зерен.

Для определения вида продуктов распада проводили измерение их микротвердости. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерения микротвердости продуктов распада при охлаждении в различных средах, Н/мм² (± 50 Н/мм²)

Время охлаждения, с	Среда охлаждения					
	Дробь		Графит+дробь		Воздух	
	H _□ , Н/мм ²	HRC	H _□ , Н/мм ²	HRC	H _□ , Н/мм ²	HRC
15	-	-	2922	34	-	-
20	3027	35	2899	34	-	-
25	2776	32	2888	34	2444	26
30	2574	28	2752	32	2656	28
35	2625	28	2650	28	2376	26

Из известных данных следует, что твердость нижнего бейнита для среднеуглеродистой стали может колебаться в пределах 24-45 HRC в зависимости от температуры изотермической выдержки и химического состава стали [2]. Следовательно, получившиеся продукты распада могут соответствовать структуре нижнего бейнита.

Из гистограмм частотного распределения результатов измерения микротвердости видно, что они распределяются по нормальному закону, а, следовательно, могут быть описаны зависимостями (табл. 2).

Таблица 2 - Сравнительная характеристика зависимостей распределения микротвердости образцов после термообработки в различных средах

Время охлажд е-ния,с	Среда охлаждения		
	Дробь	Дробь+графит	Воздух
15	-	$f(x)=0,0014 \times e^{-5,78 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$	-
20	$f(x)=0,00257 \times e^{-6,6 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$	$f(x)=0,0016 \times e^{-8,22 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$	-
25	$f(x)=0,00292 \times e^{-8,5 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$	$f(x)=0,0017 \times e^{-9,2 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$	$f(x)=0,0015 \times e^{-6,98 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$
30	$f(x)=0,00312 \times e^{-9,7 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$	$f(x)=0,0018 \times e^{-9,75 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$	$f(x)=0,0012 \times e^{-4,55 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$
35	$f(x)=0,00263 \times e^{-6,9 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$	-	$f(x)=0,0018 \times e^{-10,5 \cdot 10^{-6}(x-m)^2}$

X – значение микротвердости

m - математическое ожидание величины x

Из анализа зависимостей можно видно, что чем больше значение (x-m), тем меньше получаемое значение e и, следовательно, тем меньше значение самой функции.

Таким образом, лучшей охлаждающей средой для проведения бейнитирования является смесь дроби с графитом, так как распад аустенита происходит интенсивнее нежели в остальных средах и продукты распада имеют более высокую твердость; повышение уровня твердости может быть достигнуто за счет подбора оптимального соотношения дроби и графита [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Пат. на кор. модель № 27595 Україна, МПК C21D 1/78, C21D 9/52 (2001.01). Спосіб виробництва арматурного високоміцного дроту / Алімов В.І., Штихно А.П., Шевченко Т.І., Хорішко Є.В.; Донецький національний технічний університет. - № u200706469; заявл. 30.08.2007; опубл.12.11.2007, Бюл. № 18.
2. Попова Л.Е. Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-раствора в сплавах титана: Справочник термиста. 3-е изд., перер. и доп. / Л.Е. Попова, А.А. Попов. – М.: Металлургия, 1991. – 503 с.
3. Пат. на кор. модель № 89833 Україна, МПК C21D 1/78, C21D 9/52 (2006.01). Спосіб виробництва високоміцного дроту зі середньо вуглецевої сталі/ Алімов В.І., Пушкіна О.В., Паршикова В.А., Георгіаду М.В., Зозуля А.П. - № u201315459; заявл. 30.12.2013; опубл. 25.04.2013, бюл. № 8.

4. Пат. на кор. модель № 90502 Україна, МПК C21D 9/52, C21D 9/54 (2006.01). Міні-агрегат для термообробки дротової заготовки/ Алімов В.І., Чепурний В.А., Пушкіна О.В., Тарасов Ю.О., Пономарьова І.В., Жук О.М., Паршикова В.А. - № u201400350; заявл. 16.01.2014; опубл. 26.05.2014, бюл. № 10.